LIGHT-EMITTING DEVICE

Publication number: JP2002185037 (A)
Publication date: 2002-06-28
Inventor(s): NISHIDA TOSHIO; KOBAYASHI NAOKI; SAITO HISAO
Applicant(s): NIPPON TELEGRAPH & TELEPHONE
Classification:
- international: ***H01L33/00;*** **H01L33/00**; (IPC1-7): H01L33/00
- European:
Application number: JP20000384801 20001219
Priority number(s): JP20000384801 20001219

Abstract of **JP 2002185037 (A)**
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the light-emitting device of high light take-out efficiency for preventing the emitted light of an LED advancing from a light-emitting layer to a substrate side from being absorbed in the substrate and buffer layer of a band gap smaller than the one of the light-emitting layer. SOLUTION: Below the layer 30 of the band gap larger than the band gap of the light-emitting layer 2 between the light emitting layer 2 and an SiC substrate 4, a metal thin film 3 for reflecting the light from the light-emitting layer 2 is partially provided. Below the layer 30 and above the metal thin film 3, a clearance or a transparent insulation film 31 is provided.

Data supplied from the ***esp@cenet*** database — Worldwide

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12)公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号
特開2002－185037
（P2002－185037A）
(43)公開日　平成14年６月28日(2002.6.28)

(51)Int.Cl.'	識別記号	ＦＩ	ﾃｰﾏｺｰﾄﾞ(参考)
Ｈ０１Ｌ　33/00		Ｈ０１Ｌ　33/00	Ａ　５Ｆ０４１
			Ｃ

審査請求　未請求　請求項の数８　ＯＬ　（全６頁）

(21)出願番号　特願2000－384801(P2000－384801)

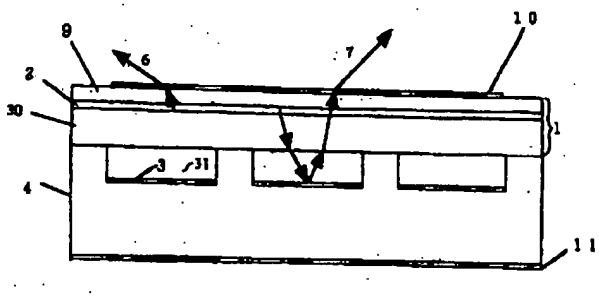
(22)出願日　平成12年12月19日(2000.12.19)

(71)出願人　000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目３番１号
(72)発明者　西田　敏夫
東京都千代田区大手町二丁目３番１号　日本電信電話株式会社内
(72)発明者　小林　直樹
東京都千代田区大手町二丁目３番１号　日本電信電話株式会社内
(74)代理人　100075753
弁理士　和泉　良彦　（外２名）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　発光装置

(57)【要約】
【課題】発光層から基板側に進行するＬＥＤの発光が、発光層よりバンドギャップの小さい基板やバッファ層で吸収されてしまうのを防止し、光取り出し効率の高い発光装置を実現する。
【解決手段】発光層２とＳｉＣ基板４との間の、発光層２のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層３０の下部に、発光層２からの光を反射させる金属薄膜３を部分的に設け、層３０の下部でかつ金属薄膜３の上部に空隙または透明絶縁膜３１を設ける。



1…ＬＥＤ構造
2…発光層
3…金属薄膜
4…ＳｉＣ基板
6…発光層から放出される光の経路
7…金属薄膜で反射した後に放出される光の経路
9、30…発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層
10…上部オーミック電極
11…下部オーミック電極
31…空隙または透明絶縁膜

図1

【特許請求の範囲】
【請求項１】基板またはバッファ層の上部に発光層を有する発光装置において、前記発光層と前記基板または前記バッファ層との間の、前記発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層の下部に、前記発光層からの光を反射させる金属薄膜を部分的に設けたことを特徴とする発光装置。
【請求項２】前記発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層の下部でかつ前記金属薄膜の上部に、空隙または透明絶縁膜を設けたことを特徴とする請求項１記載の発光装置。
【請求項３】前記発光層はインジウムを含み、近紫外～可視発光を行なうことを特徴とする請求項１記載の発光装置。
【請求項４】前記発光層はアルミニウムまたはホウ素を含み、紫外発光を行なうことを特徴とする請求項１記載の発光装置。
【請求項５】前記基板が炭化珪素からなり、前記発光層が窒化物半導体からなり、前記金属薄膜がタングステンからなることを特徴とする請求項１記載の発光装置。
【請求項６】前記基板が６Ｈ－ＳｉＣまたは４Ｈ－ＳｉＣからなり、前記発光層がインジウムを含むことを特徴とする請求項５記載の発光装置。
【請求項７】前記基板が窒化ガリウムからなり、前記発光層がインジウムを含むことを特徴とする請求項１記載の発光装置。
【請求項８】前記基板が窒化ガリウム、サファイアまたは窒化アルミニウムからなり、前記バッファ層が前記基板上に少なくとも厚さ１００ｎｍ形成した窒化ガリウムからなり、前記発光層がアルミニウムまたはホウ素を含む窒化物半導体からなり、前記金属薄膜がタングステンからなることを特徴とする請求項１記載の発光装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】本発明は、基板またはバッファ層の上部に発光層を有する発光装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】従来、発光装置である発光ダイオード（Light Emitting Diode。以下、ＬＥＤと称する。）のうち、窒化物半導体からなるＬＥＤは、これまで主としてＳｉＣ（炭化珪素）基板またはサファイア基板上に形成されてきた。
【０００３】特に、ＳｉＣ基板上に窒化物半導体層を形成する場合は、結晶格子の不一致（すなわち、格子不整合）が３．４％と、サファイア基板上に窒化物半導体層を形成した場合の約１３％に比較して大変小さく、また、窒化物半導体層の主な成長方向である六方晶のｃ軸方向に垂直な面において極性面を有し、窒化物半導体層の成長初期における表面改質の不完全性が無いことから、極めて薄い、言い換えれば極めて高いスループットでより高品質な窒化物半導体層による素子作製が可能となっている。
【０００４】例えば、サファイア基板上では、高温において窒化物からなる厚さ４μｍ程度以上の厚いバッファ層を形成し、低温において結晶核を形成する場合でも、転位密度が10^{9}～10^{10}ｃｍ$^{-2}$の高い密度の転位が発光層に存在する。
【０００５】これに対して、ＳｉＣ基板を用いた場合は、該基板上に直接窒化物半導体層を成長することが可能であり、また、短い成長時間で厚さ０．５μｍ程度の薄いバッファ層を形成する場合でも、転位密度が10^{8}ｃｍ$^{-2}$程度と、高品質な成長が可能である。
【０００６】ＳｉＣ基板では、このような結晶品質における利点の他に、サファイア基板が絶縁性であるのに対して、導電性があるので、作製したＬＥＤの電極を基板の裏面、すなわち、基板を載せる台から直接取ることができるという利点がある。
【０００７】図５は、従来用いられてきたＳｉＣ基板上に窒化物半導体層を成長したＬＥＤの構造を示す断面図である。
【０００８】４はＳｉＣ基板、１は窒化物半導体からなるＬＥＤ構造、２は発光層、３０は発光層２のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層（すなわち、発光波長に対して透明な層）、９は層３０と異なる導電型で、発光層２のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層、１０は上部（すなわち、光取り出し側）オーミック電極、１１は下部オーミック電極、６は発光層２から直接上部に放出される光の経路、８は発光層２から放出された後、ＳｉＣ基板４側で吸収される光の経路である。
【０００９】
【発明が解決しようとする課題】上記のような利点を有するＳｉＣ基板であるが、ＳｉＣ基板の作製技術は、６Ｈ－ＳｉＣというポリタイプの基板を用いる場合において主として進展してきた。
【００１０】６Ｈ－ＳｉＣ基板は、バンドギャップが３．１ｅＶで、導電性を高めるために不純物のドーピングを行なうと着色してしまい、紫外光はもちろんのこと、ＩｎＧａＮを発光材料として用いる青色光に対しても、図５の８に示すように、ＳｉＣ基板４側に進行した光を吸収してしまう。
【００１１】このため、内部量子効率が同等であっても、ＳｉＣ基板を用いたＬＥＤでは、光取り出し効率が低くなり、サファイア基板を用いたＬＥＤよりも光取り出し効率において劣ってしまう。
【００１２】さらに、６Ｈ－ＳｉＣ基板よりもバンドギャップが大きい４Ｈ－ＳｉＣ基板を用いた場合でも、３７８ｎｍより発光波長が短いＬＥＤにおいては、光の吸収が大きく、紫外光発光ＬＥＤの高効率化の課題となっていた。また、３６０ｎｍより発光波長が短いＬＥＤに

おいては、サファイア基板上で通常使用されるＧａＮからなるバッファ層がやはり光吸収体となり、紫外光発光ＬＥＤを実現するための本質的な阻害要因となっていた。

【００１３】本発明の目的は、発光層から下側、すなわち、基板側に進行するＬＥＤの発光が、発光層よりバンドギャップの小さい下側の基板やバッファ層で吸収されてしまうのを防止し、ＬＥＤの下側に向かう発光をＬＥＤの上面側（光放出面側）に反射させることにより、光取り出し効率の高い発光装置を実現することにある。

【００１４】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、基板またはバッファ層の上部に発光層を有する発光装置において、前記発光層と前記基板または前記バッファ層との間の、前記発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層の下部に、前記発光層からの光を反射させる金属薄膜を部分的に設けたことを特徴とする。

【００１５】また、前記発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層の下部でかつ前記金属薄膜の上部に、空隙または透明絶縁膜を設けたことを特徴とする。

【００１６】また、前記発光層はインジウムを含み、近紫外～可視発光を行なうことを特徴とする。

【００１７】また、前記発光層はアルミニウムまたはホウ素を含み、紫外発光を行なうことを特徴とする。

【００１８】また、前記基板が炭化珪素からなり、前記発光層が窒化物半導体からなり、前記金属薄膜がタングステンからなることを特徴とする。

【００１９】また、前記基板が６Ｈ－ＳｉＣまたは４Ｈ－ＳｉＣからなり、前記発光層がインジウムを含むことを特徴とする。

【００２０】また、前記基板が窒化ガリウムからなり、前記発光層がインジウムを含むことを特徴とする。

【００２１】さらに、前記基板が窒化ガリウム、サファイアまたは窒化アルミニウムからなり、前記バッファ層が前記基板上に少なくとも厚さ１００ｎｍ形成した窒化ガリウムからなり、前記発光層がアルミニウムまたはホウ素を含む窒化物半導体からなり、前記金属薄膜がタングステンからなることを特徴とする。

【００２２】本発明では、発光層と基板またはバッファ層との間にある、発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層の下部に、金属薄膜を部分的に設けたので、該金属薄膜により発光層からの光を光取り出し側に反射させることができ、発光装置の光取り出し効率を向上させることができる。

【００２３】また、金属薄膜の上部に、空隙または透明絶縁膜を設けることにより、前記発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層と金属薄膜との接触による光吸収を防止し、光取り出し効率をより向上させることができる。

【００２４】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明の実施の形態について詳細に説明する。なお、以下で説明する図面で、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【００２５】実施の形態１

図１は、本発明の実施の形態１のＳｉＣ基板上に窒化物半導体層を成長したＬＥＤの構造を示す断面図である。

【００２６】４はＳｉＣ基板、１は例えば特願２０００－２４６６０に記載されたような発光層を有する窒化物半導体からなるＬＥＤ構造、２はＬＥＤ構造１のうちの発光層、３０はＬＥＤ構造１のうちの、発光層２のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層（すなわち、発光波長に対して透明な層）、９は層３０と異なる導電型で、発光層２のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層、１０は上部オーミック電極、１１は下部オーミック電極、３はタングステン等からなる金属薄膜（反射層、ミラー）、３１は層３０の下部でかつ金属薄膜３の上部に設けた空隙または透明絶縁膜、６は発光層２から直接上部に放出される光の経路、７は発光層２から一旦下部の金属薄膜３で反射した後に、上部に放出される光の経路である。

【００２７】すなわち、本発明の実施の形態１の構造は、ＳｉＣ基板４の上部に発光層２を有するＬＥＤにおいて、発光層２とＳｉＣ基板４との間の、発光層２のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層３０の下部に、発光層２からの光を反射させる金属薄膜３を部分的に設け、層３０の下部でかつ金属薄膜３の上部に空隙または透明絶縁膜３１を設けている。

【００２８】空隙または透明絶縁膜３１は、空隙部か、またはその代わりに光学的に透明で屈折率を除き空隙に等価な透明絶縁膜で構成される。ＬＥＤ構造１のうち、例えば発光層２のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層３０が金属薄膜３に直接接している構造においては、金属薄膜３と半導体層である層３０とのオーミックまたはショットキー接触による光吸収が生じる。空隙または透明絶縁膜３１は、この光吸収を抑制するためのものである。

【００２９】特性的に望ましい構造の一例は、基板がＳｉＣ基板４で、発光層２が窒化物半導体からなり、金属薄膜がタングステンからなる構造である。また、基板が６Ｈ－ＳｉＣ基板４で、発光層２がインジウムを含む構造である。

【００３０】また、別の例は、特願２０００－２４６６０に記載された窒化物半導体ＬＥＤの構造で、例えば、ｎ型ＳｉＣ基板上に、ｎ型ＡｌＧａＮ層、ＡｌＧａＮ多重量子井戸発光層、ｐ型ＡｌＧａＮ層を順に積層したＬＥＤ構造を形成したものである。

【００３１】本実施の形態１のＬＥＤに上部オーミック

電極１０、下部オーミック電極１１から通電すると、発光層２において電子と正孔とが再結合し、光が放出される（発光再結合と称される）。その際、光は発光層２からほぼ等方的に放出される。発光層２から上方に放出された光のうち、このＬＥＤの外部の屈折率（大気の場合は１、ＬＥＤを被覆する樹脂の場合は概ね１．３～１．７）と窒化物半導体の屈折率（概ね２．５）で定まる方向に放出された６で示す光が外部に取り出される。このとき、発光層２よりも上の層に、例えばＡｌ組成が高い等によりバンドギャップの大きい層９等を備えていると、発光層２の上層による光の吸収がほとんど無くなる。さらに、発光層２から下方に放出された光も、７に示すように、発光層２の下側に配置された金属薄膜３により反射されて、６に示した光と同様に上方に進行するため、上方から取り出すことができる。特に、発光層２の下層における光吸収を抑制するために、例えばＡｌ組成が高く、バンドギャップの大きい層３０等を備えると効果的である。

【００３２】特性的に望ましい構造の一例は、発光層２がインジウムを含み、近紫外～可視発光を行なうか、または、発光層がアルミニウムまたはホウ素を含み、紫外発光を行なう構造である。また、基板４が炭化珪素からなり、発光層２が窒化物半導体からなり、金属薄膜３がタングステンからなる構造である。また、基板４が６Ｈ－ＳｉＣまたは４Ｈ－ＳｉＣからなり、前記発光層がインジウムを含む構造である。さらに、基板４が窒化ガリウムからなり、発光層２がインジウムを含む構造である。

【００３３】実施の形態２、３

図２は、本発明の実施の形態２のサファイア基板上に窒化物半導体層を成長したＬＥＤの構造を示す断面図、図３は、本発明の実施の形態３のサファイア基板上に窒化物半導体層を成長したＬＥＤの構造を示す断面図である。

【００３４】５はサファイア基板、２１はＧａＮからなるバッファ層、２２はＡｌＧａＮ層、２３はＧａＮ層である。

【００３５】すなわち、本発明の実施の形態２、３の構造は、バッファ層２１の上部に発光層２を有するＬＥＤにおいて、発光層２とバッファ層２１との間の、発光層２のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層３０の下部に、発光層２からの光を反射させる金属薄膜３を部分的に設け、金属薄膜３の上部に空隙または透明絶縁膜３１を設けている。空隙または透明絶縁膜３１は、空隙部か、またはその代わりに光学的に透明で屈折率を除き空隙に等価な透明絶縁膜で構成する。特性的に望ましい構造の一例は、基板が窒化ガリウム、サファイアまたは窒化アルミニウムからなり、バッファ層２１が基板上に少なくとも厚さ１００ｎｍ形成したＧａＮからなり、発光層２がアルミニウムまたはホウ素を含む窒化物半導体からなり、金属薄膜３がタングステンからなる構造である。

【００３６】本実施の形態２、３のＬＥＤに上部オーミック電極１０、下部オーミック電極１１から通電すると、図１に示した実施の形態１と同様に、発光層２において電子と正孔とが再結合し、光が放出される。その際、発光層２からは光はほぼ等方的に放出される。発光層２から上方に放出された光のうち、このＬＥＤの外部の屈折率と窒化物半導体の屈折率で定まる方向に放出された６で示す光が外部に取り出される。発光層２から下方に放出された光も、７に示すように、発光層２の下側に配置された金属薄膜３により反射されて、６に示した光と同様に上方に進行するため、上方から取り出すことができる。

【００３７】本実施の形態２、３では、発光層２の下層側に、ＧａＮバッファ層２１とＡｌＧａＮ層２２からなる多層構造を配置している。一般的には、図３の実施の形態３に示すように、ＧａＮバッファ層２１に下部オーミック電極１１を設けることが、素子抵抗の低減のために有利であるが、ＡｌＧａＮ層２２とＧａＮバッファ層２１に対するエッチング量を減らし、素子作製のスループットを優先して図２の実施の形態２に示すように、ＡｌＧａＮ層２２に直接下部オーミック電極１１を設けることも可能である。

【００３８】また、本実施の形態２、３では、ＬＥＤ構造１を形成する前に、ＬＥＤ構造１を付着しやすくするためにＧａＮ層２３を設けているが、作製条件によっては、ＧａＮ層２３を設けないで、ＡｌＧａＮ層２２の上にＬＥＤ構造１を直接設けることも可能である。

【００３９】実施の形態４

図４は、本発明の実施の形態４のＳｉＣ基板上に窒化物半導体層を成長したＬＥＤの構造を示す断面図である。

【００４０】本実施の形態４では、図１の実施の形態１において空隙または透明絶縁膜３１が無い構造である。本実施の形態４のように、空隙または透明絶縁膜３１が無く、ＬＥＤ構造１のうち、発光層２のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層３０が、タングステン等からなる金属薄膜３に直接接している構造においては、金属薄膜３と半導体層である層３０とのオーミックまたはショットキー接触による光吸収が生じる。このため、空隙または透明絶縁膜３１を設けた場合に比較して金属薄膜３による反射率が減少するものの、層３０の選択成長などの構造形成を容易に行なうことができるという工業的利点がある。

【００４１】上記のように実施の形態１～４では、窒化物半導体ＬＥＤで使用されるＳｉＣ基板４やＧａＮバッファ層２１による光吸収を抑制し、光取り出し効率を向上させることが可能である。

【００４２】以上本発明を実施の形態に基づいて具体的に説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるも

のではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。例えば、図１～図４に示した実施の形態１～４のＬＥＤをドーム状の樹脂に埋め込んで方向性に優れた発光を得たり、ＬＥＤの周囲に凹面鏡を有するフレームを用いることにより、ＬＥＤから横方向に出射した光を凹面鏡で上方向に反射させ、より光取り出し効率の高いＬＥＤを実現することが可能である。もちろん、ドーム状の樹脂と凹面鏡を共用することにより、出射方向制御と光取り出し効率に一層優れたＬＥＤを実現できることは言うまでもない。さらに、紫外線発光ＬＥＤを被覆する樹脂の中に、可視光である蛍光を発する蛍光材料を含ませたり、樹脂の下面、中間、上面に蛍光材料を含む膜を形成して白色などより発光波長分布の広いＬＥＤを実現することも容易である。

【００４３】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、発光層から下側への発光が、発光層よりバンドギャップの小さい層で吸収されてしまうのを防止し、下側に向かう発光を上面側に反射させることにより、光取り出し効率の高い発光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の実施の形態１のＳｉＣ基板上に窒化物半導体層を成長したＬＥＤの構造断面図である。

【図２】本発明の実施の形態２のサファイア基板上に窒化物半導体層を成長したＬＥＤの構造断面図である。

【図３】本発明の実施の形態３のサファイア基板上に窒化物半導体層を成長したＬＥＤの構造断面図である。

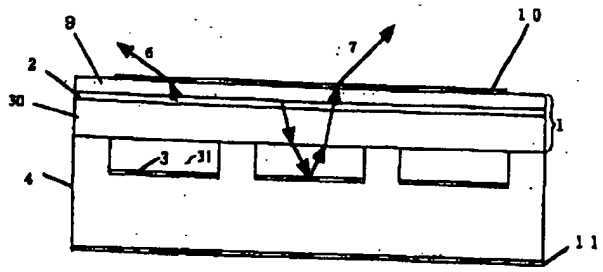
【図４】本発明の実施の形態４のＳｉＣ基板上に窒化物半導体層を成長したＬＥＤの構造断面図である。

【図５】従来のＳｉＣ基板上に窒化物半導体層を成長したＬＥＤの構造断面図である。

【符号の説明】

１…ＬＥＤ構造、２…発光層、３…金属薄膜、４…ＳｉＣ基板、５…サファイア基板、６…発光層から放出される光の経路、７…金属薄膜で反射した後に放出される光の経路、８…基板側で吸収される光の経路、９、３０…発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層、１０…上部オーミック電極、１１…下部オーミック電極、２１…ＧａＮバッファ層、２２…ＡｌＧａＮ層、２３…ＧａＮ層、３１…空隙または透明絶縁膜。

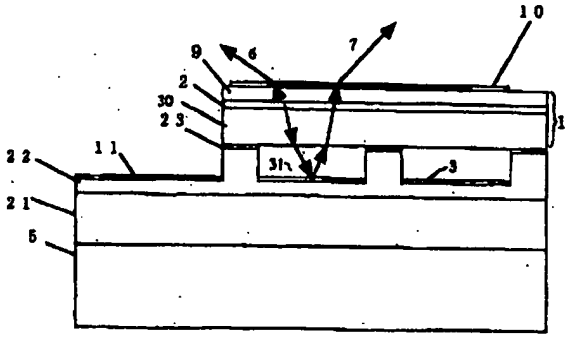
【図１】



1…ＬＥＤ構造
2…発光層
3…金属薄膜
4…ＳｉＣ基板
6…発光層から放出される光の経路
7…金属薄膜で反射した後に放出される光の経路
9、30…発光層のバンドギャップよりもバンドギャップが大きい層
10…上部オーミック電極
11…下部オーミック電極
31…空隙または透明絶縁膜

図1

【図２】



5…サファイア基板
21…ＧａＮバッファ層
22…ＡｌＧａＮ層
23…ＧａＮ層

図２

【図3】

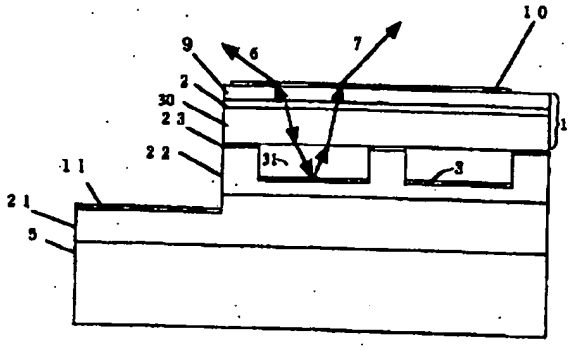


図3

【図4】

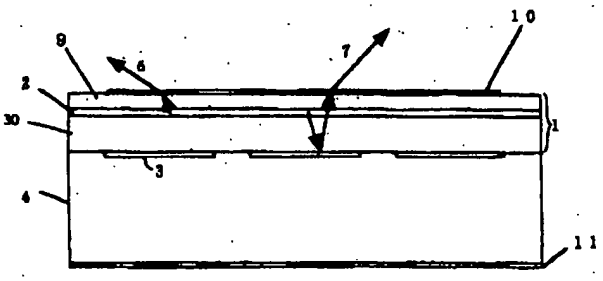


図4

【図5】

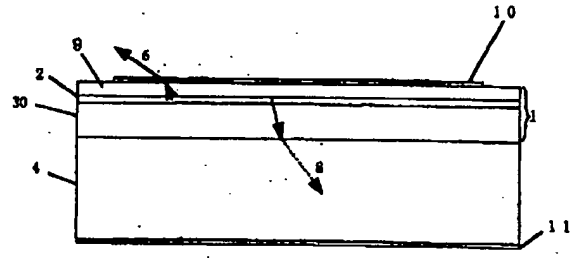


図5

フロントページの続き

(72)発明者　斎藤　久夫
東京都千代田区大手町二丁目３番１号　日本電信電話株式会社内

Ｆターム(参考)　5F041 AA04 AA11 CA10 CA33 CA34 CA40 CA46 CB01